Zur vergleichenden Anatomie

der

Primeln.

Inaugural-Dissertation

der

mathematischen und naturwissenschaftlichen Facultät der Universität Strassburg

zur Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

Franz von Kamieński

aus Warschau.

Strassburg,

Buchdruckerei von Friedrich Wolff.

1875.

Zur vergleichenden Anatomie der Primeln.

In der Pflanzensystematik benutzt man zur Bestimmung der Verwandtschaft der Pflanzen Kennzeichen und Charaktere, welche den Blüthen entnommen sind, indem man aus der relativen Aehnlichkeit in der Form und der inneren Struktur der Blüthe, welche in dieser Beziehung verschiedene Mannigfaltigkeiten darbieten, auf nähere oder weitere Verwandtschaft schliesst. In der That haben zahlreiche Untersuchungen der Entwickelungsgeschichte und des Baues der Blüthe und einzelner ihrer Theile, sowie auch auf diese Untersuchungen basirte Versuche Pflanzen in Arten, Genera und Familien systematisch zu gruppiren gezeigt, dass diese systematische Gruppirung naturgemäss erscheint und dass die geschlechtlichen Vermehrungsorgane der Pflanzen, nach welchen nämlich diese Gruppirung geschehen ist, diejenigen Organe sind, an welchen die constanten genetischen Charaktere haften, aus welchen man auf relative Verwandtschaft der Pflanzen schliessen darf.

Man hat aber auf Grund der Descendenztheorie in der letzten Zeit vielfach darauf hingewiesen, so z. B. unter anderen Regnault[1]), van Tieghem[2]), Reinke[3]), Schwendener[4]) etc., dass eine Systematik, welche nur auf Blüthencharaktere gegründet ist, einseitig sei, indem

[1]) Regnault: Recherches sur les affinités de structure des tiges des plantes du groupe des Cyclospermées. Ann. d. sc. nat. Bot. XIV, 4 série.

[2]) van Tieghem: Recherches sur la structure des Aroidées. Ann. de sc. nat. Bot. VI. 5 série.

[3]) Morphologische Abhandlungen von Reinke: Untersuchungen über die Morphologie der Vegetationsorgane von Gunnera.

[4]) Schwendener: Das Mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monokotylen etc. 1874.

man von der Ansicht ausgeht, dass bei wirklicher Verwandtschaft das Erblichkeitsgesetz sich nicht nur im Bau der Blüthen, sondern auch in dem der vegetativen Organe geltend machen kann. Auf Grund dieser Ansicht sind einige Versuche gemacht worden, die anatomischen Charaktere der vegetativen Organe in der Systematik der Pflanzen zu verwerthen.

Ich will hier nicht die Schlüsse, die die oben genannten Forscher aus den auf anatomischem Wege gewonnenen Resultaten über die Verwandtschaft der Pflanzen gezogen haben, näher berühren, denn mögen sie auch für die speziellen Fälle richtig sein, so ist damit noch nicht nachgewiesen, dass überhaupt bei Pflanzen die Aehnlichkeit der anatomischen Charaktere in den vegetativen Organen auf ihre Verwandtschaft hinweise. Es ist hierbei die Vermuthung nicht ausgeschlossen, dass diese Aehnlichkeit in der Identität der Lebensbedingungen der Pflanzen ihren Grund habe, weil ja nach Blüthencharakteren wenig verwandte Pflanzen in denselben Verhältnissen leben können und umgekehrt.

Es stellt sich also hier die Frage: 1) ob überhaupt die anatomischen Charaktere der vegetativen Pflanzentheile Verwandtschaftscharaktere sind, die mit denjenigen der Blüthen parallel gehen; oder 2) ob sie nur Anpassungsercheinungen sind, die nach verschiedener Lebensweise und Lebensbedingungen der Pflanzen sich auch verschieden verhalten?

Wenn wir das erste annehmen, was nicht gerade den Resultaten der oben genannten Forscher widerspricht, so schliessen wir das zweite damit nicht aus, weil ja die verschiedenen äusseren Bedingungen und Art und Weise des Lebens der Pflanzen die Entstehung neuer Varietäten und Arten verursachen. Es stellt sich also noch eine Frage: 3) wie weit können wir aus den anatomischen Charakteren der vegetativen Organe, wenn sie dem Vererbungsgesetz folgen, auf die Verwandtschaft der Pflanzen schliessen? Man muss also die Dignität dieser Charactere innerhalb einer Species, Gattung, Familie oder einer höheren Ordnung, welche Begriffe, wenngleich relativ, doch immer auf die verschiedenen Werthe der Blüthencharaktere basirt sind, bestimmen.

Um die oben gestellten Fragen befriedigend zu lösen, muss man eine grössere Reihe anatomischer Untersuchungen unternehmen, einerseits über nahe verwandte Pflanzen, die aber möglicher Weise unter verschiedenen Bedingungen leben, andererseits über Pflanzen, welche in gleichen Lebensverhältnissen sich befinden, die aber im Systeme entfernt stehen. In der vorliegenden Arbeit will ich die Resultate, die ich aus Untersuchungen der erst genannten Art bekommen habe, angeben. Zu solchen Untersuchungen habe ich die Familie der Primulaceen, welche, ihrem verschiedenen Habitus, ihrer klimatischen und geographischen Verbreitung und ihren verschiedenen Standorten nach, möglichst verschiedene Lebensweise haben, doch aber, was ihre Verwandtschaft betrifft, eine natürliche Familie bilden, ausgewählt.

Hier gebe ich nur die Resultate, die ich aus anatomischen Untersuchungen von Arten der Gattung Primula gewonnen habe. Die Untersuchungen, welche sich auf die ganze Familie der Primulaceen erstrecken, werden an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Ich erlaube mir an dieser Stelle meinen hochverehrten Lehrern: Herrn Professor A. de Bary, unter dessen Leitung diese Arbeit begonnen und beendigt wurde, sowie Herrn Professor Ferdinand Cohn, für wissenschaftliche Unterstützung mit Rath und That im Laufe dieser Arbeit, innigsten Dank auszusprechen.

Ueber die Anatomie der vegetativen Organe der Primeln existirt, meines Wissens, nur eine von Vaupell[1]) verfasste Arbeit. In derselben findet sich eine ziemlich genaue, aber entwicklungsgeschichtlich nicht befriedigende und deshalb kein klares Bild gebende anatomische Beschreibung der Rhizome von Primula sinensis, elatior et officinalis und Auricula. Ein ausführliches Referat der Vaupellschen

[1]) Chr. Vaupell: Untersuchungen über das peripherische Wachsthum der Gefässbündel der dicotyledonen Rhizome. Leipzig, 1855.

Arbeit scheint mir an dieser Stelle überflüssig zu sein; im Laufe dieser Arbeit werde ich mehrfach darauf zurückzukommen haben.

Neulich hat Schwendener in seinem letzten Werk[1]) auf S. 143 einige Primulaceen aufgezählt, die einen Bastring — vielmehr Sclerenchymring — in der Rinde der Stammorgane haben: nämlich Glaux, Primula, Trientalis und Corthusa. Es scheint mir aber, dass Schwendener unter Stammorgane nur die Blüthenstandaxe versteht, in welcher in der That ein Sclerenchymring vorhanden ist.

Die Primeln, die ich untersucht habe, lassen sich, nach dem Bau ihrer Vegetationsorgane, in vier folgenden Typen unterbringen.

I. Primula sinensis.

Wurzel. Die Hauptwurzel der Keimpflanze geht bald zu Grunde und wird durch viele Nebenwurzeln ersetzt, welche ihrerseits wieder eine grosse Anzahl von Nebenwurzeln erzeugen; auf diese Weise bildet sich ein stark verzweigtes Wurzelsystem, deren einzelne Wurzelspitzen sehr dünn und klein bleiben.

Ein Längsschnitt durch den Vegetationspunkt der Hauptwurzel zeigt, dass Bau und Wachsthum derselben dem zweiten (Helianthus) Typus von Janczewski[2]) entsprechen. Das ungefähr aus 3 Initialen bestehende Plerom lässt sich deutlich von dem, mit einer oder zwei nebeneinander liegenden Initialen wachsenden, Periblem unterscheiden. Die Epidermis umkleidet vollständig das Periblem und geht an der Spitze in eine wenig entwickelte (5 Zellen breite) Calyptrogene Schicht über, welche eine sehr kleine, höchstens aus 3 Zellenlagen bestehende, Wurzelhaube nach unten und Epidermis nach oben erzeugt. — Die Calyptrogene Schicht reducirt sich an kleinen Neben-

[1]) Schwendener: Das Mechanische Prinzip im anatomischen Bau etc. 1874.

[2]) Janczewski: Das Spitzenwachsthum der Phanerogamenwurzel. Bot. Zeitung 1874.

wurzeln, welche sonst denselben Bau wie die Hauptwurzel haben, auf 2 oder sogar auf eine Zelle.

Die weitere Entwickelung der einzelnen besprochenen Wurzelelemente geschieht in folgender Weise: Die Epidermiszellen theilen sich, wachsen in die Länge und bilden Wurzelhaare in Form langer einfacher Schläuche. Die Periblemzellen, und zwar besonders die mittleren nehmen bedeutend an Grösse zu und gehen bald in Dauergewebe über — sie bilden die Wurzelrinde. Die innerste Zellenschicht wird zur Schutzscheide, deren einzelne Zellen die charakteristischen wellenförmigen Membranen zeigen. Die Pleromzellen, endlich, die sich vorwiegend der Länge nach theilen, nehmen eine langgezogene Form an und werden zu den einzelnen Elementen des Gefässbündelcylinders. Die äussersten Pleromzellen, bilden Pericambium, in welchem die Nebenwurzeln ihren Ursprung nehmen.

Ein Querschnitt durch die Wurzel, einige Millimeter von der Spitze, zeigt den typischen Dikotyledonen-Wurzelbau: Unter der, mit vielen Wurzelhaaren versehenen Epidermis, liegt gewöhnlich eine aus 3—4 Zellschichten bestehende Rinde, deren äussere und innere Zellen wenig grösser als die Epidermiszellen sind, die mittleren dagegen die letzteren mehrfach an Grösse übertreffen. Die Schutzscheide, welche den Gefässbündelcylinder umhüllt, besteht aus Zellen, die etwas kleiner als die der daneben liegenden Rinde sind, und deren Scheidewände deutlich die schwarzen Casparischen Punkte zeigen. Der Gefässbündelcylinder, von dem einschichtigen Pericambium umgeben, ist gewöhnlich di- selten triarchisch. Es sind zwei Holztheilen, welche aus einigen Ringgefässen bestehen, und mit denselben alternirend zwei Basttheile, in denen einige Siebröhren sich befinden.

Der einfache, typische Wurzelbau ist nur in jungen Wurzeln, nicht weit von der Spitze zu finden, später ist er durch secundäres Dickenwachsthum vollständig unkenntlich.

Wenn man mehr nach oben, weiter von der Wurzelspitze entfernt, Querschnitte macht, so bemerkt man, dass die Zellen, welche jeden Basttheil von beiden Holztheilen trennen, zahlreiche Theilungen zeigen und zwei Cambiumpartien bilden, die je einem Basttheil entsprechen. Durch Thätigkeit dieses Cambiums wird das

Dickenwachsthum der Wurzel verursacht. Die neuen Holzelemente ordnen sich in der Weise, dass sie mit den beiden Holztheilen einen cylindrischen Holzkörper bilden. In derselben Zeit verschmelzen die beiden oben besprochenen Cambiumpartien vermittelst der nach aussen von dem diarchen Holzkörper liegenden Pericambiumzellen zu einem Cambiumring, welcher den inneren neu gebildeten Holzkörper umgibt. Nachdem dies geschehen, werden durch die Thätigkeit dieses Cambiumringes regelmässig nach innen Holz- und nach aussen Bastelemente abgelagert, hierdurch vergrössert der Gefässbündelcylinder der Wurzel beträchtlich seine Dicke und übt auf die anderen nach aussen liegenden Gewebe einen Druck aus, gegenüber welchem sich dieselben verschieden verhalten. Zuerst geben die äusseren Bastzellen diesem Drucke nach, indem sie sich tangential strecken und radial theilen; so verhalten sich auch die Pericambiumzellen, welche sich später mit dem Baste vollständig vereinigen. Die Schutzscheide zeigt in diesem Falle ein merkwürdiges Verhalten: die Zellen derselben strecken sich auch tangential und theilen sich radial. Dies geschieht mit solcher Regelmässigkeit, dass die ursprünglichen Zellen in ihrer Lage noch sehr gut erkannt werden können. Die Schutzscheidezellen zeigen verdickte Membranen und bilden die äusserste Zelllage der Wurzel, weil die übrigen Gewebe, Rinde und Epidermis, welche dem Dickenwachsthum nicht folgen können, abgeworfen werden, Die Schutzscheide vertritt also an älteren Wurzeln gleichsam die Epidermis.

Betrachtet man den Querschnitt einer alten Wurzel, so ist es auf den ersten Blick nicht leicht, die Struktur derselben zu erklären. Das geschieht aber leicht, wenn man wie oben gezeigt, die Entwicklungsgeschichte zur Hülfe nimmt.

In der Mitte der Wurzel liegt der cylindrische Holzkörper, welcher aus Gefässen und ziemlich vielen Holzzellen besteht, und in welchem noch das primäre diarche Holz mit seinen durch geringere Querschnittsgrösse sich von anderen unterscheidenden Gefässen, zu bemerken ist. Dann kommt ein geschlossener Cambiumring, welcher den Holzkörper von dem nach aussen liegenden Bastring trennt. Der letztere besteht aus prosenchymatischen Zellen,

deren Wände collenchymartig verdickt sind. Zwischen diesen liegen gruppenweise zerstreut sehr kleine Elemente, welche Siebröhren zu sein scheinen. Dies Alles umgiebt die stark entwickelte Schutzscheide, deren grosse primäre Zellen durch Querwände in mehrere kleinere getheilt werden.

Bei alten Wurzeln findet oft Borkenbildung statt, indem im Bastringe eine Phellogenschicht entsteht, welche einen Theil des Bastes nach aussen abtrennt und die Wurzel mit einer Korkschicht umgiebt.

Hypokotyles Stengelglied. Es ist schwer bei einem Keimpflänzchen der Primula sinensis, eine scharfe Grenze zwischen Wurzel und hypokotylem Gliede zu ziehen, weil die Wurzel ganz allmählich in das hypokotyle Glied übergeht. Der ganze Unterschied besteht darin, dass man an dem letzteren keine Nebenwurzeln bemerkt. Dieses Merkmal passt nicht nur auf die Keim-, sondern auch auf die ältere Pflanze, bei welcher das hypokotyle Stengelglied immer wurzellos bleibt oder doch nur sehr wenig Adventivwurzeln bildet.

Der anatomische Bau des hypokotylen Stengelgliedes unterscheidet sich auch nicht viel von dem der Wurzel. Erst nahe bei der Ansatzstelle der Kotyledonen bemerkt man am Querschnitt in der Mitte des Holzkörpers einige Markzellen und sieht den Holzkörper und, dem entsprechend, den Bastring in zwei Theile sich gruppiren, um zwei Gefässbündel zu bilden, welche den Kotyledonen angehören.

Weiter nach oben, näher den Kotyledonen, spalten sich die zwei Bündel zuerst in drei, dann in vier und schliesslich dicht unter der Kotyledonenansatzstelle in fünf Gefässbündel, von welchen zwei Kotyledonar-, die anderen die Blattspurstränge, der am Stengel erstentstandenen Blätter vorstellen.

In dem hypokotylen Stengelglied findet gerade so, wie in der Wurzel und im Stamm, von welchem weiter die Rede sein wird, Dickenwachsthum statt, wobei die Schutzscheide dasselbe Verhalten zeigt, wie an der Wurzel.

Stengel (Rhizom.) Der Vegetationspunkt des Stengels von Primula sinensis ist klein und sehr wenig gewölbt oder flach; man

bemerkt an demselben in spiraliger Anordnung die Blattanlagen, die sich bald zu jungen Blättern umwandeln.

Die histiologische Struktur des Vegetationspunktes bietet nichts besonderes dar. Es ist ein meristematisches Gewebe, dessen äusserste Zellen als Epidermis zu bezeichnen sind, während die übrigen keine Sonderung in Plerom und Periblem im Hansteinschen[1]) Sinne erkennen lassen.

Die Differencirung der Gewebe in Vegetationspunkte, so wie die Entwicklungsgeschichte der Gefässbündel von Primula sinensis stimmt mit den Angaben von Sanio[2]) und von Vöchting[3]) überein. Es ist aber zu bemerken, dass, auf entsprechenden Querschnitten die Differenzirung des Urmarks hier nicht vor der Entstehung des Verdickungsringes statt findet, was wohl in der flachen Gestalt des Vegetationspunktes und in der raschen Entwickelung der Blätter seine Ursache haben mag. Auf dem Querschnitte durch den Vegetationspunkt bemerkt man dicht unter der Epidermis an einer Stelle, welche der jüngsten Blattanlage entspricht, 2 oder 3 Zellen in rascher Theilung begriffen; bald darauf sieht man an zwei anderen Stellen, den nächst jüngsten, zwei Blattanlagen entsprechend, ähnliche Zelltheilungen eintreten, so dass drei Gruppen von kleinen Zellen entstehen, welche sich schnell zu einem Ring mit einander verbinden, indem zwischen ihnen neue Zelltheilungen stattfinden, welche von der Entstehung neuer Blattanlagen abhängen. Dieser Ring — der Sanio'sche Verdickungsring — ist nicht gleichmässig dick: an der Stelle, welche der jüngsten Blattanlage entspricht, besteht er nur aus einer Zelle, während er unter der ältesten Blattanlage ungefähr 5 Zellen dick ist und hier einen Procambiumstrang darstellt.

Die innerhalb des Verdickungsringes liegenden Zellen vergrössern sich und bilden das Mark, die nach aussen nehmen wenig an Grösse zu und werden zu Rindenzellen.

[1]) J. Hanstein: Die Scheitelzellgruppe im Vegetationspunkt der Phanerogamen. 1868.

[2]) Sanio: Bot. Ztg. Nr. 47 ff. 1863.

[3]) Vöchting: Beiträge zur Morphologie und Anatomie der Rhipsalideen: Pringsheim's Jahrb. Bd. IX. 1874.

Die weitere Entwickelung der Gefässbündel aus einzelnen Procambiumsträngen zeigt nichts besonderes; es muss aber hervorgehoben werden, dass es kein primär angelegtes Holz giebt. Die Holzgefässe kommen sehr spät zur Entwickelung. Erst nachdem die Bastgruppen ihre vollständige Ausbildung erreicht haben und das Cambium, welches hier normal angeordnet ist, seine Thätigkeit begonnen hat, bilden sich aus den Zellen desselben die ersten Holzgefässe. Der eben erwähnte, auch für andere Primeln dieses Typus, charakteristische Vorgang ist sehr auffallend, da man auf Querschnitten weit unterhalb des Vegetationspunktes, wo schon alle Gefässbündel zu einen Ring verschmolzen und viele Bastgruppen vorhanden sind, innerhalb der letzteren nur ein mehr oder minder entwickeltes Cambium, aber kein Holz zu sehen bekommt. Dieses tritt erst in den ältesten Blattspuren auf.[1]) Damit stimmt auch die nicht seltene Erscheinung überein, dass in der Lamina der älteren Blätter die Nerven und ihre Anastomosen blos aus Bastbündeln bestehen.

Der Verlauf und die Anordnung der Gefässbündel, welche bald ihre Individualität verlieren und zu einem an wenigen Stellen unterbrochenen Ring zusammenschmelzen, hängt bei den Primeln, wo der Stengel aus ganz verkürzten Internodien besteht, mit der Blattstellung auf's innigste zusammen.

Betrachtet man einen Stengelquerschnitt, so bemerkt man im Gefässbündelringe 6 Gefässbündelgruppen, von denen 3 kleinere die Blattspuren der nächstoberen Blätter sind, und 3 zwischen denselben liegende grössere. Von diesen zeigen wiederum zwei eine deutliche Zusammensetzung aus 2 Gruppen, so dass man im Ganzen auf dem Querschnitt 8 mehr oder minder gesonderte Gefässbündelgruppen zählt. Die Zahl spricht für die $^3/_8$ Blattstellung, was gerade mit dem bei dieser Stellung construirten Schema des Gefässbündelverlaufs und der Anordnung am Querschnitte vollständig übereinstimmt.

Ich habe noch versucht an Querschnitten die Winkel, welche die successiv in die Blätter eintretenden Blattspuren mit einander

[1]) Ein ähnliches Verhalten habe ich im Rhizom von Stachys palustris gefunden.

bilden, zu messen. — Die mittlere, aus vielen Messungen erhaltene Zahl ist 135°, welche der $^3/_8$ Stellung auch vollständig entspricht.

Es sei hier noch bemerkt, dass an den, aus den Blättern austretenden Gefässbündel drei Theile zu unterscheiden sind, so dass also eine Blattspur ursprünglich aus drei Gefässbündeln besteht.

Der Bau der Gefässbündel im fertigen Zustande stimmt mit dem der meisten Dikotylen überein. Der nach aussen liegende Bast besteht aus langen, der Grösse nach verschiedenen Zellen, deren Membranen schwach verdickt, aber weich bastartige Beschaffenheit besitzen, indem sie einen anderen Lichtbrechungscoefficient haben und im Querschnitt hell aussehen. Dazwischen liegen die oben besprochenen Siebröhrengruppen, deren Siebröhren ihrer ungemeinen Kleinheit wegen sehr schwer zu finden und später nicht mehr recht zu unterscheiden sind. Das Holz besteht aus Gefässen und Holzzellen. Die Gefässe sind Spiral- mit Uebergängen zu Ringtracheen und aus kurzen, nicht bedeutend langen, ursprünglichen Zellen zusammengesetzt. Die Holzzellen sind mit einfachen Tüpfeln versehene Zellen, deren Membranen schwach verdickt sind. Zwischen den beiden Elementen des Gefässbündels liegt, wie schon oben erwähnt, das stark entwickelte Cambium, welches durch seine Thätigkeit das Dickenwachsthum vermittelt. Nach aussen sind die Gefässbündel mit einer mehr oder minder undulirten Schutzscheide umgeben, welche beim Dickenwachsthum des Stengels dasselbe Verhalten, wie in der Wurzel zeigt, indem die wenig entwickelte, aus einfachen parenchymatischen Zellen und mit vielen Intercellularräumen versehene Rinde, bei fortschreitendem Dickenwachsthum oft bis auf die Schutzscheide zerstört wird, und deren Spuren manchmal noch am Stengel zwischen den dicht stehenden Blättern haften bleiben. Der Bau des Markes ist ebenso einfach wie derjenige der Rinde. Es besteht aus parenchymatischen mässig grossen Zellen und erfüllt den grösseren inneren Theil des Stengels und stirbt bei lebendigen Pflanzen nie ab.

Ich will hier eine Anomalie nicht unerwähnt lassen, weil dieselbe sogar bei Vaupell als ein normaler Vorgang Erwähnung gefunden hat. Er sagt nämlich: „Die Kambialzellen befinden sich auch innerhalb der Gefässe (zwischen diesen und dem Mark), sowie

zwischen den verschiedenen Gefässgruppen“ [1]). Diese Anomalie, welche einen krankhaften Charakter hat, besteht darin, dass einzelne oder mehrere neben einander stehende Gefässe noch in ihren Jugend mit einer gelben oder braunen, viel Gerbstoff enthaltenden Substanz sich erfüllen und von dem übrigen gesunden Gewebe durch eine meristematische, cambiumartige Schicht von den gesunden Theilen abgetrennt werden. Geschieht dies bei den dicht am Mark liegenden Gefässen, so werden diese durch das genannte cambiumartige Gewebe in das Mark hineingerückt, ein Umstand, welcher ein ungewöhnliches Aussehen hervorruft.

Zuweilen sind viele Zellen im Marke, in der Rinde und in den Gefässbündeln mit Gerbstoff und anderen chemisch nicht näher untersuchten Substanzen erfüllt.

Blätter. Der anatomische Bau der Blätter ist in seinen Hauptzügen folgender:

Die Gefässbündel gehen, wie schon oben bemerkt, in der 3Zahl von dem Stengel in den Blattstiel über, indem sie zu einem Blattbündel verschmelzen. Der nach aussen, d. h. der unteren Blattfläche zugekehrte Bast biegt sich mit seinem Rande um den Holztheil in der Richtung der Blattoberfläche so nach innen, dass die Blattspur ungefähr eine halbmondförmige Gestalt annimmt, welche im weiteren Verlaufe der Gefässbündel (Blattnerven) in der Blattlamina nicht mehr zu sehen ist. Die histiologische Zusammensetzung der Gefässbündel ist dieselbe, wie die im Stengel; nur dass im Holztheil die Spiraltracheen alle anderen Elemente vertreten und in den letzten Endigungen der Gefässbündel (Blattnerven) in den Blattzipfeln allein übrig bleibend eine pinselartige Anordnung aufweisen. Ein Cambium ist in den Blattspuren nicht vorhanden oder doch nur sehr schwach entwickelt. Es muss hier noch eine interessante anatomische Thatsache erwähnt werden, nämlich das Vorkommen einer mehr oder minder deutlichen, undulirten Schutzscheide um die Blattgefässbündel selbst bis weit in ihre Verzweigungen hinein.

Aus der Betrachtung der Blattquerschnitte und der in Kali

[1]) Vaupell: l. c. pag. 6.

durchsichtig gemachten Blattpräparate kann man sehr leicht die ganze Blattstructur ermitteln. Den grössten Raum des Querschnitts nimmt das Blattparenchym ein, welches oben ungefähr ein dreischichtiges Pallisadengewebe bildet, dessen Zellen nur wenig länger als breit sind und in ihrem inneren Wandbeleg viele Chlorophyllkörner enthalten. Das Parenchym der unteren Blattseite besteht aus lockerem, wenig chlorophyllhaltigen Gewebe, dessen Zellen unregelmässig, etwas plattgedrückt, mit Auswüchsen versehen sind, mit welchen sie sich gegenseitig berühren und auf diese Weise grosse Intercellularräume bilden. Zwischen den beiden Theilen des Blattparenchyms liegen die Gefässbündel, welche, sich immer mehr verzweigend, kleiner und einfacher werden, so dass sie schliesslich an ihrem Ende auf eine Trachee reducirt werden. Die Epidermis der unteren Blattfläche besteht aus tafelförmigen Zellen, deren Scheidewände vielfach gewunden sind. Sie ist reichlich mit Spaltöffnungen versehen, deren Schliesszellen, der Dicke nach, viel kleiner als die Epidermiszellen sind und deren Oberfläche etwas hinausragt. Gestalt und Entstehung der Spaltöffnungen sind ganz einfach. Sie entstehen aus Epidermiszellen, welche nach zweimaliger Theilung Spaltöffnungsmutterzellen abschneiden, die sich wieder längs theilen und zwei länglich nierenförmige Schliesszellen, zwischen denen sich die Spalte befindet, bilden. Die Epidermis der Blattoberfläche unterscheidet sich von der Unterfläche nur dadurch, dass ihre Zellen grösser sind und weniger undulirte Membranen besitzen. Die Spaltöffnungen sind hier in geringerer Zahl vorhanden.

Interessant ist der Bau der Blattzipfel, deren Epidermis einige grosse nebeneinander liegende Spaltöffnungen enthält, unter denen ein paar Schichten kleiner parenchymatischer Zellen liegen, innerhalb welcher sich die oben beschriebenen pinselartig angeordneten Nervenenden befinden.

Es sei noch hier angeführt, dass an den Stellen, wo Blattnerven verlaufen, sowie auf dem Blattstiele, die Epidermis aus längsgezogenen Zellen besteht. Eine ähnliche Oberhaut bedeckt auch die sehr kleinen Theile der jungen Stengel zwischen den Blattansätzen, welche, wie oben schon gesagt, dicht an einander stehen.

Behaarung. Die Epidermis von Primula sinensis trägt zweierlei Köpfchenhaare, die auf beiden Blattoberflächen besonders reichlich vorkommen. Die genannten Haare bestehen aus zwei Zellen, von welchen eine kurze cylindrische untere die Stielzelle und eine kugelige obere das Köpfchen bildet. Die Zellen zeigen schaumigen Inhalt mit grossen Vacuolen und werden, wie die Epidermis, mit einer dünnen Cuticala überzogen, unter welcher eine dünne wohlriechende Substanz entsteht. Die Bildung dieser Substanz geschieht auf dem Gipfel des Haares und auf derselben Weise, wie es Hanstein[1]) bei Syringa vulgaris beschrieben hat. Zuerst auf der Spitze des Köpfchens zwischen der Cuticula und der eigentlichen Membran der Zelle scheidet sich die subcuticulare Substanz aus. Das Quantum derselben wird immer grösser und die Cuticula immer mehr aufgeblasen, bis sie schliesslich platzt und die Substanz ausfliessen lässt. Dass die Substanz sich nicht etwa in der Zelle bildet, sondern ächt subcuticulären Ursprungs ist, kann man leicht nachweisen, wenn man allmälig die Substanz in verschiedenen Stadien der Entwickelung mit Alkohol auszieht. Die anderen Haare sind den besprochenen sehr ähnlich, nur sitzen sie auf einem langen Stiel, welcher aus 2, 3 bis 4 Zellen besteht, von denen die zwei untersten langausgezogen und etwas breiter als die übrigen sind; sie secerniren keine Substanz aus.

Die Entwickelungsgeschichte dieser Haare ist sehr einfach. Sie entstehen aus auswachsenden Epidermiszellen, die sich in mehrere Zellen theilen, von welchen die oberste immer zu einem Köpfchen wird und die unteren den Stiel bilden.

Blüthenstandsaxe. Die Blüthenstandsaxe, welche auf ihrer Spitze den Blüthenstand trägt, ist ein Achselspross. Der anatomische Bau derselben unterscheidet sich von dem des Stengels dadurch, dass hier ein Sclerenchymring auftritt, welcher ausserhalb der einzelnen nicht zu einem Ring verschmolzenen Gefässbündel liegt und sie zum Theil umgibt. Die Sclerenchymzellen sind Rinden- und Markstrahlenzellen, die sehr stark verdickte, einfach getüpfelte

[1]) Hanstein: Bot. Zeit. 1868. S. 697.

Membranen besitzen und hier als specifische mechanische Zellen in Schwendener's[1]) Sinne fungiren, indem sie zur Unterstützung der langen, dünnen, aufrechtstehenden und an ihrem Gipfel die schwere Inflorescenz tragenden Spindel dienen.

Die Gefässbündel, deren Zahl sehr wechselt und oft 20 übersteigt, haben (auf dem Querschnitt) Keilform mit breitem nach aussen gekehrten Ende und unterscheiden sich im Bau nicht von denen des Stengels. Dies lässt sich auch von Mark und Rinde sagen. Eine der Schutzscheide entsprechende Zellschicht ist auch hier vorhanden. Sie liegt ausserhalb des Sclerenchymringes und führt Stärkekörner; die charakteristischen Casparyschen Punkte sind hier nicht zu bemerken. Die Epidermis, welche die Spindel bedeckt, unterscheidet sich nicht von der des Blattstiels. Sie trägt Spaltöffnungen und beiderlei Haare, von welchen die nicht secernirenden lang sind und oft aus 6—7 Zellen bestehen.

Folgende von mir untersuchte Primeln schliessen sich in ihrem anatomischen Bau an den obenbesprochenen Typus an:

Primula Boveana. Die Wurzel, wie der Stengel sind wie die der P. sinensis gebaut, mit dem Unterschied jedoch, dass die Wurzel am häufigsten triarche Holzkörper aufweist, der Bau des Stengels durch reichliche Wurzelbildung, welche ihren Sitz im Cambium hat, complicirt wird, und dass die Thätigkeit des Cambiums bei der Bildung des Holzes hier noch deutlicher als bei Pr. sinensis ist. Der Hauptunterschied besteht im Baue des Gefässbündelsystems des Blattstiels. Hier besteht es aus drei getrennten, nicht wie bei Pr. sinensis verschmolzenen Gefässbündeln, die im Querschnitt eine keilförmige Gestalt besitzen und von einander durch einige Parenchymschichten getrennt sind. Sie sind so angeordnet, dass sie mit ihren spitzen Enden ungefähr zusammenstossen. Was ihren Bau betrifft, so zeigen sie ein stark entwickeltes Cambium, welches dafür zu sprechen scheint, dass die Blätter nicht nach Verlauf einer kurzen

---

[1]) Schwendener: l. c.

Zeitperiode abfallen und durch neue ersetzt werden, sondern dass sie etwa perennirend sind.

Primula corthusoides. Die Stengelinternodien sind kürzer als die der Pr. sinensis, so dass die Blätter noch mehr gedrängt stehen. In den Blattachseln bilden sich reichlich Seitenknospen, die sich bald, je älter sie werden, mit vielen Wurzeln am Boden befestigen und sich von der Mutterpflanze ablösend, zu selbstständigen Pflanzen werden, wodurch ein rasenförmiger Wuchs bedingt wird.

Die Wurzeln haben denselben Bau, wie die der Pr. sinensis; ihr Gefässbündelcylinder ist gewöhnlich tetrarch. Das Dickenwachsthum geht auch auf dieselbe Weise vor sich; Ein Cambiumring bildet neue Bast- und Holzelemente, in den letzteren aber sind meist nur Holzzellen und wenige Gefässe enthalten, welche zwischen dem primären tetrarchen Holzkörper in 4 Partien gruppirt sind und einen vierstrahligen Stern bilden, welcher sich mit den primären Holztheilen kreuzt.

Der Bau der Stengel und Blätter ist von denen der Pr. Boveana nicht zu unterscheiden, es ist jedoch zu bemerken, dass im Holztheil der Gefässbündel verhältnissmässig viel weniger Gefässe vorhanden sind als bei den obengenannten Primeln, und dass die Blattspur aus einem grossen, nierenförmigen Gefässbündel besteht, dessen Struktur dieselbe ist, wie bei Pr. sinensis. Das Charakteristische ist aber für Pr. corthusoides das Vorkommen der Sclerenchymzellen im Marke. Diese Zellen sind einfache, parenchymatische Markzellen, deren Membranen sehr stark verdickt und mit vielen verzweigten Tüpfeln versehen sind. Die Sclerenchymzellen sind gruppenweise geordnet und füllen fast das ganze Mark aus bei kleineren Pflanzen. Sie begleiten oft noch eine kleine Strecke weit die in die Blätter eintretenden Gefässbündel, hören hier aber bald auf und sind nur vereinzelt im Blattstiel zu finden. Solche vereinzelte Sclerenchymzellen befinden sich auch in der Rinde des Stengels.

Schliesslich will ich noch bemerken, dass die nicht secernirenden Haare viel länger sind und bis aus 10 Zellen bestehen.

II. Primula elatior.

Wurzel. Bei dieser Primel stirbt, wie bei den anderen, die Hauptwurzel bald ab und wird durch Adventivwurzeln ersetzt. Ich habe nicht Gelegenheit gehabt, die Hauptwurzel zu untersuchen. Die Adventivwurzeln sind zahlreich, viel dicker als bei den vorigen Primeln, nicht so stark verzweigt, sondern meist einfach. Die Wurzelspitze, die hier grösser ist, so dass die Initialen des Plerom des Periblems und der calyptrogenen Schichte aus zahlreicheren Zellen bestehen, ist nach demselben Bau- und Wachsthumtypus gestaltet. In ihrer weiteren Entwickelung verhalten sich die Wurzeln anders als die der Pr. sinensis, indem das Dickenwachsthum, wenn es überhaupt eintritt, so unbedeutend ist, dass die primäre Struktur der Wurzel immer deutlich zu erkennen bleibt. Ein Querschnitt durch eine junge Wurzel zeigt folgendes: In der Mitte liegt ein typischer, in der Regel pentarcher Gefässbündelcylinder, dessen Holztheile nicht zusammenstossen, sondern ein aus einer Anzahl parenchymatischer Zellen bestehendes Wurzelmark übrig lassen. Nach aussen liegen das schwach entwickelte Pericambium, die Schutzscheide, die Rinde, welche aus verhältnissmässig kleinen, aber zahlreichen Zellen besteht, und die Epidermis. Mit dem Alter werden die eben beschriebene Strukturverhältnisse nicht verändert, nur das Wurzelmark wird ganz sclerenchymatisch, indem seine Zellen stark ihre Membranen verdicken und einfache Tüpfel bekommen. Zwischen Bast und Holz bildet sich ein schwach entwickeltes Cambium, welches einige wenige Holzgefässe und Bastelemente erzeugt, die sich an die primären anlegen. Die übrigen nach aussen liegenden Gewebe, von welchen die Rinde hier die Hauptmasse der Wurzel bildet, gehen in Dauergewebe über, indem ihre Zellen etwas grösser werden und ihre Membranen sich schwach verdicken.

Stengel. Die Struktur des Stengels ist bei Primula elatior viel complicirter als bei Pr. sinensis und durch zahlreiche und sehr früh eintretende Adventivwurzel- und Achselsprossbildungen schwer

verständlich. Um sich ein klares Bild über den Bau des Stengels und seiner Gefässbündel zu machen, müssen wir den Vegetationspunkt betrachten und die Entwickelungsgeschichte verfolgen. Dieser Vegetationspunkt ist in Gestalt und Bau von dem der Pr. sinensis nicht zu unterscheiden. Dasselbe gilt für die Differenzirung der Gewebe und die erste Anlage der Gefässbündelelemente. Hier findet man auch einen an den Stellen, wo sich die Blattspuren abtrennen, unterbrochenen Gefässbündelring, dessen histiologische Zusammensetzung auch dieselbe ist, indem nach aussen Bast und nach innen Holz sich befindet und der mittelst eines normal liegenden Cambiums in die Dicke wächst. Es kommt aber eine Complikation dazu, welche darin besteht, dass sich ein zweites Gefässbündelsystem bildet, welches in directer Verbindung mit dem der Adventivwurzeln steht, und das Blattspurbündelsystem von aussen in Form eines komplicirten Netzes umgiebt. Wenn man Stengelquerschnitte, die nicht weit vom Vegetationspunkt gemacht sind, betrachtet, so bemerkt man, dass ausserhalb der schon entwickelten Gefässbündeln, die dicht am Bast anliegenden Zellen sich tangential theilen und ein cambiumartiges Gewebe bilden, welches mit der weiteren Entwickelung der Gefässbündel den ganzen Gefässbündelring umgibt. Diese Art Cambium ist nicht gleichmässig entwickelt; in einigen Stellen ist es bis 5 Zellen dick, in anderen viel weniger und auf 1—2 Zellen reducirt. Hiervon auch hängt seine grössere oder geringere Thätigkeit ab, welche darin besteht, dass seine innere Zellen zu neuen Holz- und Bastelementen werden, die das obengenannte Gefässbündelsystem bilden. Diese Bündel bestehen in einigen Stellen aus lauter Holzgefässen, an anderen aus Holz- und Bastbündeln. In Anordnung und Verlauf zeigen sie eine sehr grosse Verschiedenheit und Unregelmässigkeit. Zuweilen verlaufen sie in derselben Richtung wie die Blattspurgefässbündel, was jedoch selten der Fall ist; meistens machen sie in ihrem Verlauf mit den letzteren einen mehr oder weniger grossen Winkel, so dass sie zur Richtung des Stengels fast perpendikulär verlaufen und auf Stengelquerschnitten in ihrem Längschnitt in senkrechter Lage zu den Blattspurbündel zu liegen kommen; auf Längsschnitten kehrt sich dies Verhältniss um: die ersteren sieht man

alsdann in Längsrichtung, die zweiten in Querrichtung. Auf den in Kali durchsichtig gemachten Präparaten ist die Unregelmässigkeit des oben beschriebenen Verlaufes und das Verhältniss der secundären zu den primären Bündeln am deutlichsten zu sehen.

Die Adventivwurzeln des Stengels entstehen sehr früh im äusseren Cambium. Die Art und Weise der Entstehung in ihren ersten Anlagen konnte ich nicht mit Genauigkeit verfolgen. Es ist nur das sicher, dass das Blattspurgefässbündelsystem mit der Entstehung der Wurzel in keiner directen Beziehung steht und dass die Vermittelung zwischen beiden Gefässbündelsystemen — des Stengels und der Wurzel durch die oben beschriebenen, ausserhalb des ersteren liegende Bündel des Stengels hervorgebracht wird, indem diese gerade da, wo die Wurzel anfängt, am meisten entwickelt sind und, sich zum Gefässbündelcylinder anordnend, direkt in die Wurzel eintreten.

In älteren Stengeltheilen und überhaupt da, wo keine Adventivwurzeln gebildet werden, hört die Thätigkeit des äusseren Cambiums schon früh auf; es kommt an diesen Stellen aussen eine Schutzscheide, deren Zellen sehr deutliche Undulationen der Membranen zeigen, zur Entwickelung.

Die Sclerenchymgruppen, deren Zellen, je nach Lage, kürzer oder länger sind und sich sonst von denjenigen der Pr. corthusoides nicht unterscheiden, stehen mit den Gefässbündeln in Verbindung. Sie liegen entweder innerhalb derselben im Marke oder zwischen den primären und secundären Gefässbündel; sie treten mit den letzten in die Wurzel ein, um das oben beschriebene Wurzelmarksclerenchym zu bilden.

Der Bau des Markes und der Rinde ist bei Pr. elatior derselbe wie bei Pr. sinensis; nur ist hinzuzufügen, dass die äusseren Zellen des secundären Cambiums zur Rinde werden, indem sie sich regelmässig radial anordnen und eine ungefähr 4—5 Zellen dicke Schicht darstellen. Die Zellen dieser Gewebe und besonders die des Markes besitzen in ihrem Alter derbe, etwas verdickte und mit grossen einfachen Tüpfeln versehene Membranen.

Die Blätter sowie die nach Irmisch immer terminale Blüthenstandaxe[1]) unterscheiden sich in ihrer Struktur nicht von denen der oben genannten Primeln, nur der Bau der Gefässbündel im unteren schmalen Ende der Blätter (die bekanntlich sitzend, nicht gestielt sind), welcher sonst, wie bei Pr. corthusoides gebaut ist, zeigt eine kleine Abweichung: sie sind nach aussen mit einem sclerenchymatischen Bogen umgeben, und nach innen ist die Einbuchtung des Holztheiles mit ähnlichen Sclerenchymzellen ausgefüllt.

Die Behaarung ist auch dieselbe, nur sind die nicht secernirenden Haare länger und bestehen aus mehreren, bis 10 Zellen.

An diesen Bautypus schliesst sich unmittelbar Pr. officinalis an, welche durchaus in allen ihren Einzelheiten dieselbe Struktur wie die der Primula elatior besitzt.

III. Primula Auricula.

Wurzel. Die Hauptwurzel mit ihren Nebenwurzeln, welche von derjenigen der Primula elatior nur durch die geringe Zahl der Elemente verschieden ist, geht wie dort, bald zu Grunde und wird durch Adventivwurzeln ersetzt, die ebenfalls nur durch die Abwesenheit oder das seltene Vorkommen des Marksclerenchyms von denen der genannten Pflanze verschieden sind.

Das hypokotyle Stengelglied ist in seinem Bau die Fortsetzung der Wurzel mit dem Unterschied, dass im Gefässbündelcylinder zwei Basttheile um einen in der Mitte liegenden Holztheil auftreten, welcher Holztheil seinerseits weiter oben auch in zwei Theile zerfällt. Auf diese Weise entstehen zwei Bündel, welche

---

[1]) Thilo Irmisch: Zur Morphologie der monokotylischen Knollen und Zwiebelgewächse. S. 184.

plötzlich in die zwei Kotyledonen eintreten, indem sie in der Mitte ein einziges Stammbündel zwischen sich lassen.

Stengel. Die anatomische Struktur des Stengels weicht nicht nur von der der beiden vorhin beschriebenen Typen sondern auch vom allgemeinen Dikotylentypus ab und nähert sich, wie schon Vaupell[1]) gezeigt hat, der der Monokotylen.

Wenn man einen Stengelquerschnitt betrachtet, so bemerkt man keine Differenzirung zwischen Rinde und Mark, die ganze Schnittfläche stellt ein gleichmässiges Parenchym dar, welches demjenigen der Wurzelrinde in seiner histiologischen Zusammensetzung vollständig gleicht. In diesem Parenchym liegen einzelne Gefässbündel, welche in der Peripherie des Stengels in verschiedener Zahl (meistens 15—20) in einen Kreis geordnet sind, innerhalb dessen viele einzelne Gefässbündel zerstreut stehen. Dicke in Kali durchsichtig gemachte Präparate zeigen, dass sowohl die peripherischen als auch die in der Mitte zerstreuten Gefässbündel einen sehr verschiedenen, unregelmässigen, meist schiefen, vielfach gebogenen Verlauf haben, indem sie noch mit einander zahlreiche Anastomosen bilden.

Um sich ein klares und verständliches Bild über diesen complicirten Verlauf der Gefässbündel zu machen, müssen wir mit dem Keimpflänzchen, wo die Verlaufsverhältnisse sich am einfachsten darstellen, anfangen.

In einer Keimpflanze, welche schon ungefähr drei ausgebildete Blätter hat, sehen wir, dass die Blattspurbündel, welche je von einem Blatt kommen, sich direct an das nächst folgende legen, so dass wir im Stamm nur ein centrales Gefässbündel sehen. Bald aber treten mit dem Wachsthum des Stengels und der Entstehung neuer Blätter Complikationen ein. Die in den Stengel eintretenden Bündel behalten immer länger ihre Selbständigkeit, verlaufen einige Internodien weit nach unten dabei oft einen Bogen nach rechts oder nach links beschreibend, und legen sich erst später an irgend ein anderes von ihnen getroffenes Gefässbündel an, oder begleiten dasselbe vorher durch mehrere Internodien abwärts. Die Stelle, wo sich die

[1]) Vaupel l. c. pag. 15.

betreffenden Bündel anlegen, ist also keine bestimmte und hängt auch nicht mit der Blattstellung zusammen, welche bei dieser Aurikel $^3/_8$ zu sein scheint.

Dieser noch ziemlich einfache Gefässbündelverlauf, wird bei älteren Stengeln, an denen sich viel mehr entwickelte und grössere Blätter befinden, viel complicirter. Die grösseren Blätter der Aurikel sitzen mit breiter, eine grosse Anzahl, bis 20 Gefässbündel enthaltenden, oft mehr als die Hälfte des Stengelumfanges umfassenden Basis dem Stengel an. Die eingetretenen Blattspurbündel verlaufen im Stamme entweder ausserhalb des Gefässbündelkreises, — dies sind die kleineren jüngst entstandenen Bündel, — oder sie setzen sich sogleich an die (in Beziehung auf das Blatt) medianen Bündel an oder aber, was häufiger ist, sie treten durch die Maschen der letzteren in das Mark ein, um hier, nach mehr oder weniger langem Verlauf, mit einander und mit den medianen Bündeln durch zahlreiche Anastomosen sich zu verbinden. Auf diese Weise kommt der scheinbar ordnungslose, complicirte Verlauf der Gefässbündel der Aurikel zu Stande. Die in Kali durchsichtig gemachten Stengelpräparate von grösseren Keimpflänzchen (die schon wenigstens 20 Blätter besitzen) veranschaulichen diese Verlaufsverhältnisse ganz deutlich. Wir finden am untern Stengelende nur ein centrales Gefässbündel, welches nach oben sich vielfach verzweigt und dessen Zweige unter sich vielfach anastomosiren.

Aus dem oben gesagten ergibt sich, dass wir hier keine stammeigenen Bündel haben, dass sogar die in der Mitte des Stengels verlaufenden Bündel Blattspuren sind. Damit stimmt auch die Thatsache überein, dass im Vegetationspunkte ausser den Gefässbündeln, welche unter jeder Blattanlage entstehen und welche zum Blatt gehören, keine andere zu sehen sind.

Der ganz flache Vegetationspunkt des Aurikel besteht aus einem gleichmässigen, meristematischen von Epidermis überzogenen Gewebe. Die Differenzirung der Gewebe weicht etwas von der oben für Primula sinensis beschriebenen ab, indem hier der Verdickungsring nicht nachzuweisen ist. Auf entsprechenden Querschnitten dicht unter dem Vegetationspunkte sieht man in dem gleichmässig ver-

theilten Gewebe an den, den jüngsten Blattanlagen entsprechenden Stellen einige Zellen in rascher Theilung begriffen, wodurch ein aus kleineren Zellen zusammengesetzter Procambiumstrang entsteht, welcher zum Gefässbündel wird. Die Ausbildung der Gefässbündel aus den Procambiumsträngen geht, wenn man von Einzelheiten absieht, auf folgende Weise vor sich. Zuerst bilden sich im äusseren Theile des Procambiumstranges, der auf dem Querschnitte eine abgerundete Form besitzt, die ersten Siebelemente des Bastes (Protophloemzellen von Russow), die bald darauf auch an beiden Seiten des Stranges entstehen. Nicht viel später zeigen sich an der Innenseite die ersten Holzelemente (Protoxylemzellen nach Russow) in Form von Spiralgefässen. Damit hat schon das Gefässbündel eine definitive Gestalt bekommen, indem nach innen zu Holz zu liegen kommt, welches nach aussen und von beiden Seiten mit Bast umgeben ist. Die weitere Ausbildung des Gefässbündels beruht darauf, dass die Zahl der einzelnen Bast- und Holzelemente sich in der Richtung zur Mitte des Bündels vermehrt, wo ein schwach entwickeltes und vorübergehendes Cambium entsteht, welches ein geringes und bald erlöschendes Dickenwachsthum des Bündels verursacht. Endlich muss ich noch bemerken, dass die Gefässbündel vollständig ringsherum mit einer typisch ausgebildeten Schutzscheide umschlossen sind, die nicht aus dem Procambium entsteht, sondern aus umgrenzenden, dem Stengelparenchym angehörenden Zellen, welche sich tangential zum Gefässbündel theilen; die inneren der durch diese Theilung entstandenen Zellen bekommen Wellungen an ihren Membranen und werden zu Schutzscheidezellen. Die Entstehung der Schutzscheide geht mit der definitiven Ausbildung der Gefässbündel aus den Procambiumsträngen parallel.

Die Struktur des Stengelparenchyms wurde schon oben besprochen, es erübrigt noch hinzuzufügen, dass an verschiedenen Stellen des älteren Stengels ähnlich wie bei Primula corthusoides und elatior Sclerenchymgruppen vorkommen, die hier wie dort aus Parenchymzellen mit stark verdicktem Membranen bestehen. Auch in den Gefässbündel selbst ist Sclerenchym zu finden, da wo an dieselben sich Adventivwurzeln anlegen, die in den äusseren Zellen des

Bastes ihren Ursprung nehmen. Ueber die Entstehung der Adventivwurzeln habe ich keine näheren Untersuchungen angestellt.

Den jungen Stengel der Aurikel überzieht eine einfach gebaute aus plattenförmigen mit geraden Seitenwänden versehenen Zellen bestehende Epidermis, welche mit einer ziemlich entwickelten Cuticula überzogen ist. Später wird diese Epidermis durch Periderm ersetzt.

Blätter. Die anatomische Struktur der Blätter zeigt nichts besonderes und stimmt im Ganzen mit der oben für Primula sinensis beschriebenen überein. Die Aurikelblätter sind bekanntlich sitzend und mit breiter Basis Stengel umfasseud und lassen wie oben schon gesagt, über 20 Blattbündel in den Stengel eintreten. Die Struktur dieser Bündel ist vollständig dieselbe wie bei Primula sinensis und von derselben mehr oder minder halbmondförmigen Gestalt. Wir sehen hier, dass die Gefässbündel im Stengel von denen der Blätter nur durch die mehr abgerundete Form und durch das unbedeutende Dickenwachsthum, welches auch manchmal im unteren Theile der Blätter nachzuweisen ist, verschieden sind. Aus den Blättern verlaufen dieselben direkt in den Stamm und behalten dabei immer ihre Selbständigkeit, sie bleiben isolirt und verschmelzen nicht, wie bei den meisten typischen Dikotylen zu einen mittelst Cambium in die Dicke wachsenden Gefässbündelringe. Die Blätter sind succulenter als bei den oben genannten Primeln. Das Blattparenchym, dessen Zellen hier mehr abgerundet sind und consistentere Membranen besitzen, ist hier stärker entwickelt. Das Pallisadenparenchym im basalen Theile des Blattes ist schwächer ausgebildet als in der Blattlamina. In der letzten besteht es aus wenigstens 3 Zellschichten, deren Zellen viel länger als breit sind. Die Zellen der Epidermis der unteren Blattfläche sind hier dicker als die der oberen; Spaltöffnungen sind auch weniger als auf der oberen Fläche zu zählen. Die an der unteren und oberen Blattfläche liegende Epidermis, ist mit einer ziemlich stark entwickelten Cuticula überzogen, die eigenthümlich gefaltet erscheint, dadurch dass sie auf jeder besonderen Zelle gewisse streifenartige Vertiefungen und Erhabenheiten zeigt. Die Bereifung, die bei Pr. Auricula vorkommt, besteht nicht aus Wachs,

sondern ist ein anderer Ueberzug und wie de Bary angibt, von Wachs „dadurch verschieden, dass er erstlich, wie schon Göppert[1]) fand aus (kristallinischen) Theilchen von Körpern besteht, welche in kalten Alkohol leicht löslich, und daher von Göppert als Harz, von Klotzsch[2]) als Pseudo-Steoroptene bezeichnet worden sind, und dass er ferner, wie Mettenius[3]) für die in Frage kommenden Farne schon angab, ausschliesslich von der kugeligen Endzelle kopfiger Haare producirt wird".[4])

Die Behaarung ist bei der Aurikel sparsam. Es finden sich auch hier die beiden Sorten der Haare die wir bei Pr. sinensis gesehen haben. Die aber, welche den längeren Haaren entsprechen, sind hier kurz, nur aus 3 Zellen bestehend, von denen die untere Stielzelle durch ihre breite Basis, mit der sie der Epidermis aufsitzt, auffällt. Diese Haare sind steif, und da sie hauptsächlich am Rande der Blätter sitzen, so verleihen sie dem Blattrande eine gewisse Rauhigkeit.

Die Blüthenstandaxe, welche an ihrem Gipfel Blüthen trägt, ist in ihrer Struktur gar nicht von der, der Primula sinensis verschieden.

An diesen Bautypus schliessen sich verschiedene, meist echte Gebirgsprimeln, die ich mehr oder minder, theils nach getrockneten, theils nach Spiritusmaterial untersucht habe, an.

Primula Palinuri und Pr. calycina schliessen sich in ihrem Bau direkt an Pr. Auricula an.

Primula spectabilis unterscheidet sich von der Aurikel in dem Bau ihrer Wurzel und in deren Wachsthumart nicht wesentlich. Bei dieser Pflanze habe ich nicht wie bei den obengenannten Primeln ein aus Sclerenchym bestehendes Wurzelmark gefunden. Vielmehr treten hier an die Stelle eines bei jungen Wurzeln schwach ent-

---

[1]) Nova Acta Carol. Leopold. Vol. XVIII. Suppl. 1. p. 206.
[2]) Vergl. Bot. Ztg. 1852. S. 200.
[3]) Filices horti Lipsiensis pag. 42.
[4]) Bot. Ztg. 1871 S. 131.

wickelten Markes, später Holzgefässe mit Holzzellen, welche den centralen Theil des Gefässbündelcylinders ganz ausfüllen.

Auch die anatomische Struktur des Stengels ist von derjenigen bei Pr. Auricula nicht verschieden; wir haben hier nur eine Vereinfachung im Gefässbündelverlauf, indem wir auf einem Stengelquerschnitte nur einen Gefässbündelkreis vorfinden, ausserhalb dessen noch einige zerstreute, kleinere zu sehen sind.

Es lässt sich hier der Verlauf der Gefässbündel unschwer bestimmen durch Vergleichung successiver Stengelquerschnitte und in Kali durchsichtig gemachter Präparate. Dieser Verlauf ist folgender: Jedes Blattspurbündel, welches in den Stamm eintritt, nimmt von beiden Seiten zwei Bündel, die zu den nächst seitlichen oben liegenden Blättern gehören, auf und verläuft einige Internodien nach unten, wo es sich in 2 Schenkel gabelt, die sich an die beiderseits nächstliegenden zwei unteren Blattspurbündel anlegen. Wir bekommen also in der Längsansicht ein Netzwerk zu sehen, dessen Maschen eine kurze, spindelförmige oder rhombische Gestalt besitzen und von denen je eine einem Blatte entspricht, dessen Bündel in der unteren Ecke der Masche sitzt. Die 2 oberen Seiten jeder Masche werden von 2 Schenkeln, die durch Gabelung des von oben herabkommenden Bündels entstanden sind, gebildet, die 2 unteren auch von 2 Schenkeln, die aber zu verschiedenen Bündeln gehören, und sich an die zwischen sie eintretende Blattspur anlegen. Auf einem durch die Blattansatzstelle geführten Stengelquerschnitte erscheinen 8 Bündel in einen Kreis geordnet; etwas unter der Blattansatzstelle sieht man zuerst ein, bald darauf ein zweites derselben schwinden, so dass nur noch 6 Bündel übrig bleiben. Dieser Umstand findet darin seine Erklärung, dass die neu in den Stengel eingetretene Blattspur sich mit zwei seitlichen zu einem Bündel vereinigt. Weiter unten wird die Achtzahl wieder hergestellt, indem sich eines der Gefässbündel in 2 Schenkel spaltet und an der nächsten Blattansatzstelle ein neues Blattspurbündel dazu kömmt. Die Zahlen der Gefässbündel auf dem Querschnitte scheinen für die $^3/_8$ Blattstellung zu sprechen; auch stimmt das für dieselbe construirte Schema des Gefässbündelverlaufes mit

dem bei Pr. spectabilis beobachteten und oben beschriebenen vollständig überein.

Hier, wie bei der Aurikel, kommen ausser den medianen Blattgefässbündeln auch seitliche vor, aber in viel geringerer Zahl. Diese gehen aber nicht in die Mitte des Stengels, sondern sie legen sich an das oben beschriebene Gefässbündelsystem an, indem sie sich mit den medianen direkt verbinden oder in den Maschen derselben vielfach anatomisiren, wodurch der oben beschriebene Verlauf einigermassen unkenntlich wird.

Die histiologische Zusammensetzung des Stengelparenchyms und der Gefässbündel ist derjenigen der Aurikel ganz ähnlich; nur in dem Stengelparenchym habe ich keine Sclerenchymbildungen gesehen, dagegen kommen solche sehr oft in den Gefässbündeln vor. Die in den Stengel eintretenden Gefässbündel pflegen gewöhnlich dieselbe mehr oder minder halbmondförmige Gestalt, die sie im basalen Theile der Blätter haben, zu behalten. Die Einbuchtung, die bei solcher Gestalt das Holz besitzt, ist immer mit Sclerenchym gefüllt, so dass sich der Querschnitt der kreisrunden Form nähert. Dass diese kurzprosenchymatischen Sclerenchymzellen nicht zum Stengelparenchym, sondern zum Gefässbündel gehören, schliesse ich daraus, dass sie sammt dem ganzen Gefässbündel von einer deutlich ausgebildeten Schutzscheide umschlossen sind.

Was die Struktur der Blätter und die Behaarung betrifft, so ist sie im Wesentlichen ganz der der Aurikel ähnlich.

An Primula spectabilis schliessen sich durch ihre anatomischen Merkmale direkt an: Primula latifolia, ferner Pr. marginata, die durch ihre sparsame Behaarung und Pr. villosa, die durch ihre steifen, stark ausgebildeten, am Rande der Blätter dicht stehenden Haare, auffallend sind.

An Primula spectabilis schliesst sich auch Pr. minima an. Die Wurzel dieser Pflanze zeigt aber ein schwaches Dickenwachsthum, welches jedoch, wie bei den vorigen Primeln dieses Bautypus, die primäre Struktur derselben nicht verwischt. Die Stengelstruktur ist die der Primula spectabilis; die Sclerenchymbildung findet aber frühzeitig und viel reichlicher statt, so dass oft das ganze Gefässbündel

auf einige Gefässe mit den entsprechenden Bastelementen reducirt ist und seine Hauptmasse aus Sclerenchym besteht. Der Gefässbündelverlauf ist derselbe wie bei Pr. spectabilis, aber weit regelmässiger. Die seitlichen Blattspurbündel, welche fast dieselbe Grösse und denselben Entwickelungsgrad haben, legen sich hauptsächlich an den unteren linken [1]) Rand jeder Masche des Gefässbündelnetzes an, so dass diese Ränder, die desshalb stärker entwickelt sind als die anderen, und der $^3/_8$ Blattstellung entsprechend, als drei von links nach rechts gewundene, dicht mit Blattspuren besetzte Spiralen erscheinen. Die in Kali durchsichtig gemachten Stengelpräparate stellen dieses Verhältniss am klarsten und schönsten dar. Die Blattstruktur ist dieselbe wie bei Primula spectabilis, nur sind die Blattspurbündel im Querschnitte nicht halbmondförmige, sondern nehmen mehr keilförmige Gestalt an.

Schliesslich gehören hierher noch einige kleinere Primeln, wie Primula Mistassinica, bei welcher die Vereinfachung im Gefässbündelverlaufe noch weiter geht, indem hier keine seitlichen Blattgefässbündel vorhanden sind, sondern nur mediane, die nach der $^2/_5$ Blattstellung verlaufen. Auf Querschnitten haben wir hier 5 oder 3 Gefässbündel, nachdem der Schnitt durch die Ansatzstelle oder unterhalb der letzten geführt ist.

IV. Primula farinosa.

Wurzel. Primula farinosa ist in ihrem Wurzelbau der Primula Auricula und Pr. elatior darin ähnlich, dass kein oder nur ein ganz schwaches Dickenwachsthum stattfindet, so dass die primäre Struktur immer deutlicher zu erkennen bleibt. Die Wurzel dieser Pflanze ist aber dadurch von denen der oben erwähnten Primeln verschieden, dass ihre Gewebe viel zarter aussehen und auch im

[1]) Der Stengel wird vor uns mit seinem Gipfel nach oben gekehrt, gedacht.

Alter die Membranen der Zellen nicht so stark verdickt erscheinen. Die unter der Epidermis liegende Rindenzellenschicht zeigt in ausgezeichnetster Weise die auch bei anderen Primeln in geringerem Grade vorkommende Eigenthümlichkeit, dass ihre dicht nebeneinander stehenden Zellen auffallend radial ausgezogen und sehr dünnwandig sind. Diese Rindenschicht, obwohl von sehr zartem Aussehen, scheint hier die sehr hinfällige und bald zu Grunde gehende Epidermis zu ersehen. In dem gewöhnlich tetrarchen Gefässbündelcylinder konnte ich kein Sclerenchym finden, obgleich das Wurzelmark hier sehr stark entwickelt ist. Das Pericambium ist zwei- oder dreischichtig, was meines Wissens bei Primulaceen sonst nicht vorkommt. Das Wachsthum der Wurzelspitze geschieht gerade so, wie bei andern Primeln.

Stengel. Der Stengel von Primula farinosa ist auffallend kurz und zeigt im Längsschnitte eine kurzkeilförmige Gestalt. Das breite Ende ist nur etwas nach oben gewölbt und trägt viele Achselsprossen; das spitze Ende ist der abgestorbene untere Theil des Stengels.

Die Gewebedifferenzirung in dem flachen, kleinen und zwischen dicht stehenden Blättern, reichlichen Seitensprossen und axilären Inflorescenzen verborgenen Stengelvegetationspunkt ist schwer zu beobachten. Es scheinen dieselben Vorgänge wie bei der Aurikel stattzufinden; über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines Verdickungsringes vermag ich aber kein Urtheil auszusprechen.

Primula farinosa scheint in ihrem Stengelbau die Mitte zwischen Pr. spectabilis und Pr. sinensis zu halten, indem die jüngeren Stengeltheile dem Aurikelsystem sich näheren; die älteren dagegen an Pr. sinensis erinnern. Um den schwer verständlichen Stengelbau dieser Primel sich einigermassen klar zu machen, müssen wir mit den aus den Blättern in den Stengel eintretenden Gefässbündeln beginnen. Ein Querschnitt durch den basalen Theil des Blattes zeigt nur ein Blattbündel, dessen Struktur dem der Pr. Auricula ganz ähnlich ist. Es hat eine breite halbmondförmige Gestalt und ist mit einer Schutzscheide umgeben, deren Zellen sich von dem benachbarten Blattparenchym und von den Bastzellen nicht auffallend

unterscheiden und leicht übersehen werden können; nur an recht glatten und dünnen Querschnitten kann man dieselben an der wellenförmigen Beschaffenheit der Membranen deutlich erkennen. Diese Blattspurbündel nehmen allmälig etwas tangential ausgezogene Form an, indem sie in den Stengel eintreten, wo sie sich kreisförmig anordnen. Auf Stengelquerschnitten bekommen wir also einen Gefässbündelkreis, der je nach dem Schnitte, wie bei Pr. spectabilis, aus 6 oder 8 Bündeln besteht. · Die letzteren aber weichen etwas in ihrer Form von denen der Pr. spectabilis ab, indem sie dieselbe oben beschriebene Struktur, welche sie in den Blättern gehabt haben, bewahren. Im weiteren Verlauf nach unten näheren sich die Gefässbündel einander immer mehr, indem sie tangential an Breite zunehmen. Ihre Ränder aber sind immer zurückgeschlagen, so dass der Bast auch hier nach innen zu liegen kommt. Am unteren gewöhnlich absterbenden Ende des Stengels sind die Gefässbündel zu einem Ring verschmolzen. Interessant ist bei diesem Vorgang das Verhalten der Schutzscheide, welche, wie oben schon bemerkt, das ganze Blattspurbündel von allen Seiten umgibt. Im weiteren Verlauf nach unten, wo die Gefässbündel sich immer mehr näheren, ist die Schutzscheide an der inneren Seite nicht mehr nachweisbar und begleitet nur noch die zurückgebogenen Ränder. Schliesslich verschwindet sie vollständig an der Innenseite und umgibt den verschmolzenen Gefässbündelring nur von aussen. Das Dickenwachsthum ist auf ältere Stengeltheile beschränkt, wo secundärer Bast und gewöhnlich regelmässig radial geordnete Holzelemente durch die Thätigkeit eines ziemlich stark ausgebildeten Cambiums gebildet werden.

Was Mark und Rinde betrifft, so sind sie nur da getrennt, wo die Gefässbündel in einen geschlossenen Ring übergehen; ihre histiologische Struktur gleicht der der Aurikel, nur sind die Membranen der parenchymatischen Zellen viel dünner und zarter. Im Marke kommen, wie bei Primula corthusoides, Sclerenchymgruppen vor.

Die Anatomie der nach der $^3/_8$ Blattstellung geordneten Blätter und der Blüthenstandaxe ist ganz wie bei Pr. sinensis. Die für Pr. farinosa charakteristische Bereifung gehört, nach de Bary[1]), in

[1]) l. c. pag. 129.

dieselbe Kategorie wie die von Pr. Auricula, wovon oben die Rede war. Die Behaarung ist dieselbe, wie bei Pr. sinensis; die nichtsecernirenden Haare sind hier klein und von den secernirenden an Grösse und Gestalt wenig verschieden.

An Primula farinosa schliessen sich viele andere habituell mehr oder weniger ähnliche Primeln an, wie Pr. stricta, Pr. sibirica mit in der Regel triarchen Wurzeln, Pr. longiflora etc.

Primula denticulata zeigt auch im Wesentlichen dieselbe Struktur, wie Pr. farinosa. Die Blattgefässbündel besitzen im unteren Theil der Blätter die Eigenthümlichkeit, dass neben der Einbuchtung des Holztheiles sich ein kleines Gefässbündel befindet, dessen Holz- und Basttheile in umgekehrter Lage angeordnet sind, so dass das Holz nach aussen, der Bast nach innen zu liegen kommt. Die Gefässbündel im Stengel zeigen die Umbiegung der Ränder nach innen in sehr starker Weise, so dass sie sich dem Bau der Gefässbündel der Aurikel nähern. Sie verschmelzen auch im älteren unteren Stengeltheile zu einem geschlossenen Ring, innerhalb dessen im Marke kleine Gefässbündel sich vorfinden, welche zum Gefässbündelring ähnlich gelagert sind, wie die im Blatte vorkommenden, über deren Bedeutung und Entstehung ich aber, wegen Mangel an entsprechendem Material, keine Untersuchungen anstellen konnte.

Wenn wir auf den oben geschilderten anatomischen Bau der Primeln einen Blick werfen, so finden wir, ausser den wenigen gemeinsamen Charakteren, welche aber gerade nicht allein den Primelnarten eigenthümlich sind, sehr auffallende und mannigfache Verschiedenheiten in den einzelnen vegetativen Organen.

So zeigt uns der Wurzelbau zwei verschiedene Formen: 1) Die bei Primula sinensis näher beschriebenen Wurzeln mit mächtigem Dickenwachsthum mittelst eines Cambiumringes, welche Eigenthümlichkeit nicht nur bei den oben genannten Primeln, sondern auch bei Androsace und Corthusa sich findet, die auch in ihrem Stengelbau an Pr. sinensis sich anschliessen. 2) Wurzeln, bei welchen kein, oder

doch nur ein sehr unbedeutendes, die primäre Struktur nicht verwischendes Dickenwachsthum stattfindet. Solche Wurzeln, die ich bei Primula elatior näher beschrieben habe, und die ausserdem bei Primeln des Aurikeltypus zu finden sind, kommen auch den übrigen untersuchten Primulaceen zu.

Der Stengel der Primeln ist verhältnissmässig kurz, und dicht mit Blättern besetzt. Oben finden wir einen flachen oder sehr wenig gewölbten Vegetationspunkt; das untere Stengelende geht (mit alleiniger Ausnahme von Primula sinensis, wo wenigstens der obere Theil der Hauptwurzel, das hypokotyle Stengelglied und der ganze Stengelglied zeitlebens erhalten bleiben) bald zu Grunde. Der übrige Theil bleibt in der Erde stecken und ernährt sich mittelst vieler Adventivwurzeln.

Im Bau des Stengels habe ich die 4 oben dargestellten Typen gefunden, wobei einzelne Gewebstheile des Stengels sich verschieden verhalten. Die Differenzirung der letzten im Vegetationspunkte geschieht auf zweierlei Weise: entweder so wie bei Primula sinensis, wo bei Entstehung der Gefässbündel der sogenannte Sanio'sche Verdickungsring sich nachzuweisen lässt (was übrigens bei den meisten Primulaceen der Fall ist), oder wie bei den Primeln des Aurikeltypus, wo der Verdickungsring nicht zu finden ist.

Die Gefässbündel selbst sind an Querschnitten entweder zu einem Gefässbündelring verbunden (Primula sinensis und elatior mit Verwandten, auch viele Androsacespecies, Corthusa, viele caulescente Primulaceen etc.), oder sie sind einzeln über den Querschnitt vertheilt, wobei diese Anordnung weniger (wie bei der Aurikel) oder (wie bei allen anderen) sehr innig mit der Blattstellung zusammenhängt. Der Verlauf der Gefässbündel fast bei allen Primeln ist mehr oder minder mit dem, welchen ich für Primula spectabilis beschrieben habe identisch. Da wo ein Gefässbündelring existirt, kann überhaupt von isolirtem Verlauf der einzelnen Gefässbündel keine Rede sein, weil wir hier einen ganz einfachen Cylinder haben, in welchem bei jeder Blattaustrittsstelle sich eine Oeffnung findet. So ist es bei Primula sinensis und bei den ähnlich gebauten, Primula elatior und vielen anderen Primulaceen, wo ein geschlossener Gefässbündelring sich

vorfindet. Bei Primula Auricula scheint der Gefässbündelverlauf wenig mit der Blattstellung zusammenzuhängen, indem die Gefässbündel vielfache Unregelmässigkeiten in ihrem Verlauf zeigen und nicht nur in der Peripherie, sondern auf dem ganzen Querschnitt des Stengels zerstreut geordnet sind. In dem Aurikelbautypus sehen wir zwei Gefässbündelsysteme auftreten, die aber keine stammeigene Bündel enthalten. Ein System bilden die medianen Bündel der Blätter, ein anderes die seitlichen. Die letzten sind nur bei grösseren Formen zahlreich ausgebildet, bei kleineren weniger und bei Primula Mistassinica fehlen sie vollständig.

Eine Uebergangsform zwischen dem Aurikeltypus und Primula sinensis im Gefässbündelverlauf scheint Primula farinosa zu bilden, indem sie sich, wie oben beschrieben, in dem oberen jüngeren Theil des Stengels wie die erste, im unteren älteren wie die zweite verhält.

Ganz isolirt steht hier Primula elatior mit ihrem zweiten äusseren Gefässbündelsystem, das nicht von der Blattstellung, sondern von den Wurzeln abhängt, indem es sich da am stärksten entwickelt, wo die Wurzeln entstehen und die letzten mit den ersten verbindet.

Die histiologische Zusammensetzung der Gefässbündel ist bei allen Primeln die gleiche, wie ich sie bei Primula sinensis besprochen habe. Bei wenigen nur, wie bei Primula Boveana und Pr. corthusoides ist sowohl in der Wurzel als im Stengel die Sparsamkeit in der Gefässbildung des Holzes hervorzuheben; bei manchen kommen auch hier und da Sclerenchymbildungen vor. Das Cambium ist überall mehr oder minder entwickelt; bei der Aurikel und ähnlichen ist es schwach und zeigt nur eine kurz dauernde Thätigkeit.

Interessant ist aber das Vorkommen der Schutzscheide, die hier nicht nur in der Wurzel, sondern auch im Stengel und in den Blättern zu finden ist. Da wo die Gefässbündel einen geschlossenen Ring bilden, umgibt ihn dieselbe von aussen, indem sie den Bast von der Rinde trennt. Bei den Primeln, die dem Aurikeltypus angehören, sind die einzelnen Gefässbündel ringsherum von einer Schutzscheide umschlossen. Primula farinosa stellt wieder hier den Uebergang dar, indem die Schutzscheide einmal die Gefässbündel vollständig umgibt, ein anderes Mal sie nur von aussen bekleidet. In

den Blättern kommt sie auch immer vor, sie umgibt die Blattgefässbündel im Blattstiel oder im basalen Blatttheil und geht weit in die Blattlamina fast bis zu den letzten Gefässbündelverzweigungen, wo sie allmälig verschwindet. Die Schutzscheide ist nicht nur bei den Primeln immer nachzuweisen; ich habe sie gefunden bei allen Primulaceen[1]) wo sie immer an recht dünnen und glatten Querschnitten an den charakteristischen schwarzen Caspari'schen Punkten zu erkennen ist. Manchmal aber sind die Undulationen der Membranen so schwach, dass man die eben genannten Punkte auf Querschnitten nicht sieht; dann ist jedoch die Schutzscheide immer erkennbar an der Gestalt und der Lage ihrer Zellen, die auffallend anders aussehen, als die benachbarten Rinden- und Bastzellen, indem sie oft grösser und tangential gestreckt sind sind, charakteristisch verdickte Membranen besitzen, Struktureigenthümlichkeiten die besonders an in Kali durchsichtig gemachten Längsschnitten deutlich hervortreten.

Mark und Rinde sind nicht immer deutlich von einander gesondert. Bei Primula sinensis und ähnlichen, Pr. elatior und zum Theil bei Primula farinosa nimmt das Mark die Mitte des Stengels ein und steht mittelst Markstrahlen mit der Rinde in Verbindung. Bei den Primeln, die nach dem Aurikeltypus gebaut sind, ist diese Sonderung zwischen Mark und Rinde nicht so scharf ausgesprochen, hier findet sich ein gleichmässiges parenchymatisches Gewebe, in dem die Gefässbündel liegen. Bei den Primeln, wo ein starkes Dickenwachsthum vorkommt, wird gewöhnlich die Rinde, die dem Dickenwachsthum nicht nachfolgen kann, abgeworfen. Sclerenchymbildungen kommen, wie wir gesehen haben, oft bei den Primeln vor, im Marke als Sclerenchymzellgruppen, was für einige Primeln, wie Pr. corthusoides, elatior, Auricula und farinosa ganz charakteristisch ist, oft auch im Gefässbündel selbst, wie bei Pr. elatior und den aurikelähnlichen Primeln. In der Rinde kommen nur einzelne Sclerenchymzellen vor, aber kein Sclerenchymring, welcher dagegen

[1]) Auch bei vielen anderen Pflanzen aus verschiedenen Familien, z. B. bei Lythrum, Chenopodium, Euphorbia, Linum etc.

sehr oft in caulescenten mit aufrecht stehendem Stengel und immer in der Blüthenstandaxe der mit kurzem Stengel versehenen Primulaceen zu finden ist. Hier spielt er die Rolle eines in Schwendeners Sinn mechanischen Systems, welches zu Unterstützung der Organe, wo er vorkommt, dienen soll. Solch einen Sclerenchymring finden wir auch im basalen Theile der Blätter von Primula elatior, wo er die Blattgefässbündel umgiebt.

Die Struktur der Blätter ist bei den verschiedenen Primeln im Wesentlichen ähnlich und nur so weit verschieden, inwiefern Beschaffenheit und Consistenz der Blätter auch verschieden sind. Die Blätter von Primula sinensis haben zartere Struktur, indem die Zellmembranen schwach verdickt sind, die der Aurikel dagegen besitzen mehr verdickte Zellmembranen. Die Epidermis ist auch hier überall, wie ich sie bei Primula sinensis beschrieben habe. In der Behaaruug kommen bei den Primeln auch keine wesentlichen Unterschiede vor. Ueberall sind die subcuticulare Flüssigkeit secernirenden Köpfchenhaare verbreitet, die auch bei allen Primulaceen vorkommen, auch, was auffallend ist, an den im Wasser untergetauchten Blättern von Hottonia palustris. Die anderen Haare, die auch kopfartig (bei anderen Primulaceen verschieden gestaltet) sind, aber keine Flüssigkeit absondern, sind hier nur durch die Zahl der Stielzellen unterschieden, indem bei einigen Primula wie Pr. farinosa nur 1 — 2 Stielzellen, bei anderen z. B. bei Pr. corthusoides deren bis 9 vorhanden sind. — Die Blüthenstandaxe schliesslich ist nicht nur bei allen Primulaarten sondern auch bei andern ähnlichen Primulaceen auf dieselbe Weise gebaut, wie ich sie für Pr. sinensis näher beschrieben habe.

Ein Ueberblick über die aus den anatomischen Untersuchungen der Primeln gewonnenen Resultate zeigt, dass dieselben ausser dem Bau der Wurzelspitze, der Behaarung und einigermaassen des Baues der Blätter und der Blüthenstandaxe, welche ja auch bei vielen anderen mit den Primeln nicht verwandten Pflanzen dieselbe Struktur besitzen, nichts gemeinsam charakteristisches haben. Wir haben dagegen grosse Unterschiede gefunden, deren Werth weit die Grenzen eines

Genus zu überschreiten scheint. Wenn man z. B. Pr. Auricula näher ins Auge fassen will und sie mit Primula sinensis vergleicht, so findet man, dass die anatomischen Charaktere der vegetativen Organe beider Pflanzen gar nicht mit einander übereinstimmen, dass dagegen die Blüthencharaktere auf die innigste Verwandtschaft der beiden Pflanzen hinweisen; vergleicht man aber dieselbe Pr. Auricula mit den von Reinke ausführlich beschriebenen Gunneraspecies, so zeigt sich in der Struktur des Stengels und zwar im Bau der Gefässbündel und deren Anordnung und Verlauf viel gemeinsames, was aber durchaus in keiner Beziehung zu der Verwandtschaft von Aurikel und Gunnera steht, weil ja, bekanntlich, die beiden Pflanzen zu verschiedenen, weit von einander entfernten Familien gehören.

Aus diesem Vergleich stellt sich also deutlich heraus, dass bei Primula die anatomischen Kennzeichen der vegetativen Organe mit den Blüthencharakteren nicht parallel gehen und folglich nicht als Verwandtschaftscharaktere betrachtet werden können.

Wenn man die einzelnen oben beschriebenen vier Bautypen der Primeln betrachtet, so zeigt sich, dass innerhalb eines jeden Typus sich eine Anzahl der Primulaspecies gruppiren, die anatomisch sehr ähnlich sind und nur kleine Speciesunterschiede zeigen. So z. B. um wieder auf die Aurikel zurückzukommen und diese mit Pr. spectabilis und Pr. minima zu vergleichen, sieht man, dass die beiden letzten in der Gefässbündelstruktur und deren Verlauf und Anordnung einander doch ähnlicher als der Aurikel, was auch mit der relativen Verwandtschaft dieser 3 Primeln zusammenstimmt, indem Pr. spectabilis näher der Pr. minima als der Pr. Auricula zu stehen kommt [1]). Dies ist aber die Grenze, innerhalb welcher noch die anatomischen Kennzeichen der vegetativen Theile mit den Verwandtschaftscharakteren parallel gehen — die Grenze, die bei den Primeln mit derjenigen eines jeden der vier Bautypen zusammenfällt.

Aus dem oben Gesagten kann man also den Schluss ziehen,

[1]) Es ist nicht meine Aufgabe, hier die Verwandtschaft aller Primulaspecies näher zu besprechen und dabei auf die anatomischen Charaktere hinzuweisen — was in das Gebiet einer Monographie der Primeln gehört.

dass, wenn wir immer der Descendenztheorie folgen, die Vererbung der anatomischen Charaktere der vegetativen Theile nur innerhalb sehr verwandter, nicht aber weiter stehender Species innerhalb eines ganzen Genus nachzuweisen ist.

Dieser für die Gattung Primula geltende Satz ist aber nicht für andere Primulaceengenera anwendbar. Die umfangreichen Genera wie Androsace (inclusive Aretia) oder Lysimachia stellen nicht so grosse Mannigfaltigkeit in dem Bau ihrer vegetativen Organe dar. Sie sind viel homogener gebaut und die Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Species sind weniger gross als die zwischen einzelnen Primeln eines Bautypus, so dass, wie ich später an einem anderen Orte zeigen werde, die anatomischen Kennzeichen der vegetativen Theile mit den Blüthencharakteren in gewisser Correlation stehen.

Diese verschiedenen Verhältnisse in der anatomischen Struktur der Primulaceen lassen sich nur dadurch erklären, wenn wir annehmen: 1) dass die vegetativen Theile der Pflanzen viel mehr den Lebensbedingungen derselben angepasst sind, als die Blüthenorgane, was ja umsoviel begreiflicher ist als sie die complicirten Funktionen der Ernährung und des Wachsthums der Pflanze erfüllen, die gerade von den äusseren Einflüssen am innigsten abhängen, während die Blüthenorgane, die einen vielmehr ephemeren Charakter besitzen, nur die Erhaltung der Species besorgen; und 2) was daraus folgt, dass die vererbten Verwandtschaftscharaktere in den vegetativen Organen um so mehr verwischt wurden, je verschiedener die Lebensbedingungen bei der Entstehung der verwandten Species in der Reihe der Generationen waren.

Bei solchen Species, die aus gemeinsamen Vorfahren entstanden sind, und bei deren Entstehung die Lebensbedingungen wenig veränderlich waren, können möglicher Weise auch die Kennzeichen in den vegetativen Organen wenig verändert worden sein und also als Verwandtschaftscharaktere dienen. So z. B. bei Androsace, Lysimachia etc.

Da aber, wo bei der Entstehung der Species verschiedene, vielleicht auch bis zum Extrem entgegengesetzte Lebensbedingungen

herrschten, konnten die Anpassungscharaktere die Verwandtschaftscharaktere, welche nur in denBlüthen geblieben sind, überwogen haben. So z. B. bei Primula.

Auf welche Weise gewisse Lebensbedingungen die Veränderlichkeit der einzelnen vegetativen Organe verursachen und welche diese Bedingungen sind, das sind noch offene Fragen, die weiterer Untersuchungen bedürftig sind.